

# Подбор скважинного оборудования

# Задание

По техническому заданию была представлена скважина №4 месторождения Шингинское, куст №7.

По заданию, исходя из предоставленных данных о состоянии скважины, необходимо подобрать оборудование для дальнейшей эксплуатации.



# Данные

Параметр	Значение
Глубина скважины( $L_{скв}$ ), м	1600
Внешний диаметр обсадной колонны( $D_{ок1}$ ), мм	168
Внутренний диаметр обсадной колонны( $D_{ок}$ ), мм	148,3
Требуемый дебит скважины( $Q_{пл}$ ), (м <sup>3</sup> )/сут	150
Плотность газа( $\rho_g$ ), кг/м <sup>3</sup>	1
Плотность воды( $\rho_v$ ), кг/м <sup>3</sup>	1020
Плотность нефти( $\rho_n$ ), кг/м <sup>3</sup>	850
Кинематическая вязкость нефти( $\nu$ ), Па · с	0.01
Давление насыщения( $P_{нас}$ ), МПа	5.3
Буферное давление( $P_{буф}$ ), МПа	1
Затрубное давление( $P_{затр}$ ), МПа	1.1

# Данные

Параметр	Значение
Коэффициент продуктивности скважины( $K_{\text{прод}}$ ), ( $\text{м}^3$ )/(МПа · сут)	8
Объёмный коэффициент нефти( $V$ )	1.8
Обводнённость( $b$ )	0.5
Газовый фактор( $G$ ), ( $\text{м}^3$ )/( $\text{м}^3$ )	75
Температура пласта( $T_{\text{пл}}$ ), °С	90
Температурный градиент( $G_{\text{т}}$ ), 1°С/100м	2
Пластовое давление( $P_{\text{пл}}$ ), МПа	24
Примеси	-
Состояние скважины	Ремонт

# Предварительный анализ

Посредством анализа предоставленных данных, было выявлено, что фонтанная добыча невозможна при заданной глубине скважины и пластовом давлении, следовательно необходимо подобрать насос. Для добычи флюиды с требуемым дебитом скважины целесообразнее использовать погружной центробежный насос, который способен обеспечить равномерность подачи, соответственно, процесс разработки скважины будет протекать гораздо быстрее, нежели при применении штанговых и гидропоршневых скважинных насосов.



# Расчёт подбора УЭЦН и оборудования к скважине

Алгоритм подбора центробежного насоса и оборудования к скважине заключается в расчёте основных параметров и требований к оборудованию для работы в скважине, после чего производится поиск по каталогам существующих моделей погружных электроцентробежных насосов, двигателей, кабелей, трансформаторов и насосно-компрессорных труб. Расчёты рекомендуется производить при помощи математических пакетов Mathcad, Scilab.

# Забойное давление

Основным параметром, влияющим на забойное давление, является дебит, требуемый при добычи пластовой жидкости.

---

# Определение плотности пластовой жидкости

Под плотностью пластовой жидкости принимают сумму плотности нефти и воды в пласте в зависимости от величины обводнённости пласта.

---

# Определение плотности смеси

В зависимости от количества растворенного газа в добываемой жидкости плотность жидкости меняется, таким образом при заданных условиях принимаем коэффициент объёмного газосодержания  $\Gamma=0.1$ .

---

# Определение динамического уровня

Динамический уровень-уровень пластового флюида в скважине. Высота динамического уровня относительно забоя скважины:

---

# Определение динамического уровня

Глубина расположения динамического уровня относительно устья скважины:

# Давление на приёме насоса

Давление на приёме насоса рассчитывается с учётом предельно допустимого газосодержания, таким образом при предельно-допустимом газосодержании  $\Gamma=0.15$ , величина давления на приёме насоса:

# Глубина подвески насоса

Глубина подвески насоса должна быть больше глубины динамического уровня флюида, исходя из условия, что при перемещении флюида вверх по колонне скважины, газожидкостная смесь начинает постепенно разгазироваться в зависимости от падения давления, действующего на смесь, что неблагоприятно влияет на работу и износостойкость электроцентробежного насоса.

---

# Температура пластовой жидкости на приёме насоса

Из условия, температурный градиент равен 2, из чего следует, что каждые 100 метров подъёма пластовая жидкость охлаждается на 2 градуса Цельсия, таким образом на вход насоса флюид поступит с жидкость такой температуры:



# Объёмный коэффициент жидкости на входе насоса

Для дальнейших расчётов параметров жидкости и газа на входе насоса, а также условий работы необходимо рассчитать объёмный коэффициент жидкости на входе в насос.

$$\sqrt{F}$$

# Дебит на входе в насос

Из условия изменения объёмного коэффициента дебит жидкости на входе в насос будет равен:

—

# Количество свободного газа на входе насоса

Объёмное количество свободного газа, которое будет поступать на вход насоса исходя из рассчитанного давления на приёме насоса при предельном газосодержании.

---

# Газосодержание на входе в насос

Для дальнейшего расчёта расхода газа на входе насоса необходимо рассчитать коэффициент газосодержания на входе насоса.



# Расход газа на входе в насос

Определение расхода газа, поступающего на вход насоса исходя из коэффициента газосодержания:

---

---

# Скорость газа в сечении обсадной колонны на входе

Определение приведённой скорости газа в сечении обсадной колонны на входе в насос производится из расчёта диаметра применяемого насоса, таким образом для данной скважины подходит насос диаметром 103 мм, таким образом площадь сечения и приведённая скорость равны:

—  
————— —

# Истинное газосодержание на входе в насос

Определение истинного газосодержания необходимо для дальнейших расчётов работы газа и последующего определения потребного давления насоса

---

---

# Работа газа

Первый параметр, необходимый для расчёта потребного давления насоса- давление работы газа на участке «забой-приём насоса».

---

# Работа газа

Следующий параметр-давление работы газа на участке «нагнетание насоса-устье скважины», для его определения также необходимо произвести расчёт объёмное количество свободного газа, жидкости на устье скважины, коэффициент буферного газосодержания и истинного газосодержания на устье скважины, соответственно:

—

$$\sqrt{F}$$

# Работа газа

Буферное газосодержание и истинное газосодержание на устье:

---

---

---

---

# Работа газа

Давление работы газа на участке «нагнетание насоса-устье скважины» будет следующим:

---

# Потребное давление насоса

Используя вышеприведённые расчёты, определяем  
потребное давление насоса с учётом

# Требуемый напор насоса

Заключительный параметр, требуемый для подбора насоса-напор насоса, который рассчитывается из условия потребного давления, таким образом:

---

# Выбор насоса

Выбор насоса осуществляется по трём основным параметрам: подача, напор и диаметр обсадной колонны. Требуемой подачей насоса соответственно является требуемый дебит, из этих условий выбирается насос.



# Выбор насоса

В соответствии с вышеуказанными величинами был подобран насос ЭЦНМК5-125-1300, с данными техническими показателями для оптимальной работы на воде:

Подача

—

Напор

КПД

# Коэффициент изменения подачи

Для определения фактической подачи насоса при перекачивании нефтегазовой смеси необходимо произвести расчёт относительно характеристик при перекачивании воды.

---

# Коэффициент изменения КПД насоса

Из-за влияния вязкости нефтегазовой смеси, КПД насоса будет иное в отличие от КПД при перекачивании воды.

---

# Коэффициент сепарации газа на входе в насос

Одна из величин, необходимая для дальнейшего определения фактического напора при оптимальном режиме работы насоса.



# Относительная подача на входе в насос

Число выраженное в отношении дебита жидкости на входе в насос к требуемому дебиту скважины.

---

# Относительная подача на входе в насос

Относительная подача на входе в насос в соответствующей точке водяной характеристики.



# Газосодержание на приёме насоса

Определение газосодержания на приёме насоса с учётом газосепарации.

---

# Коэффициент изменения напора

Расчёт коэффициента изменения напора насоса с учётом влияния вязкости жидкости.

---

# Коэффициент изменения напора

Определение коэффициента изменения напора с учётом влияния газа.

---

---

# Напор насоса

С учётом подсчёта всех коэффициентов изменения характеристик относительно изменения работы насоса при перекачивании воды на работу при перекачивании пластовой жидкости, значение напора насоса при оптимальном режиме работы соответствует:

---

# Число ступеней насоса

Определение необходимого числа ступеней насоса из условия, что стандартное количество ступеней насоса не меньше или больше необходимого. Число ступеней округляется до большего целочисленного значения и сравнивается со стандартным числом ступеней выбранного типоразмера насоса. Если расчетное число ступеней оказывается больше, чем указанное в технической документации на выбранный типоразмер насоса, то необходимо выбрать следующий стандартный типоразмер с большим числом ступеней и повторить расчет. Если расчетное число ступеней оказывается меньше, чем указанное в технической характеристике, но их разность составляет не более 5%, выбранный типоразмер насоса оставляется для дальнейшего расчета. Если стандартное число ступеней превышает расчетное на 10%, то необходимо решение о разборке насоса и изъятии лишних ступеней. Другим вариантом может быть решение о применении дросселя в устьевом оборудовании.

# Число ступеней насоса

Стандартное число ступеней  $Z=288$

Определяем необходимое число ступеней:



Принимаем число ступеней 281, это значение входит в область 5%, отсюда следует, что насос пригоден к эксплуатации.

# КПД насоса

Определение КПД насоса с учётом влияние на его работу вязкости, свободного газа и режима работы:

# Мощность насоса

Расчет КПД насоса, представляется возможным определение мощности насоса, вследствие чего будет определена мощность требуемая для электродвигателя.

---

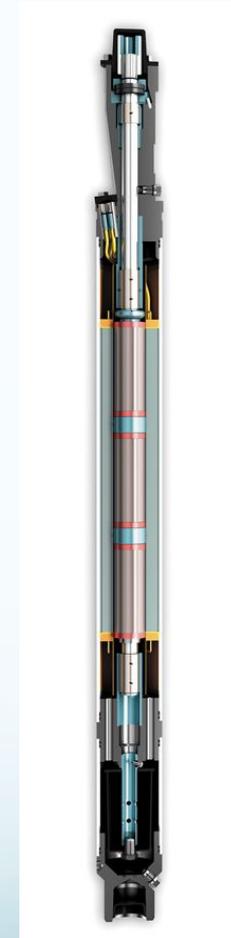
# Мощность двигателя

Определение мощности погружного электродвигателя с учётом, что КПД двигателя равно 0.85.

---

# Выбор погружного электродвигателя

В соответствии с определёнными величинами мощностей, потребляемых насосом в режиме добычи пластового флюида и при освоении, а также диаметром обсадной колонны подбирается электродвигатель



# ПЭД

Исходя из требований, был подобран двигатель ПЭД45-117 с данными техническими показателями:

Мощность

Рабочее напряжение

Рабочая сила тока

КПД

Диаметр корпуса

# Работа при освоении

При освоении скважины используются тяжелые жидкости глушения, таким образом необходимо произвести проверку насоса и двигателя на возможность откачки этой жидкости. Плотность жидкости принимается: —

# Напор и мощность насоса при освоении

Определяем напор и мощность насоса при освоении в  
качестве проверочных работ:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# Мощность ПЭД при освоении

Мощность, потребляемая погружным электродвигателем при освоении скважины:

—

Делаем вывод, что данный насос подходит для работы с тяжелой жидкостью.

# Выбор кабеля и трансформатора

Исходя из вышеприведённых характеристик ПЭД производится подбор кабеля, трансформатора и эксплуатационные параметры насоса



# Выбор кабеля и трансформатора

Номинальный рабочий ток выбранного электродвигателя соответствует 23.7А, а плотность рабочего тока в кабеле равна 5 А/мм<sup>2</sup>, исходя из этого можно определить площадь сечения жилы требуемого кабеля:

W

—

мм<sup>2</sup>

# Потери в кабеле

Большая длина электро-кабеля влечёт за собой дальнейшие потери тока, для их учёта необходимы следующие данные:

Удельное сопротивление меди

Температурный коэффициент меди

Температура у приёма насоса

Температура на устье

# Потери в кабеле

Соответственно потери в кабеле рассчитываются так:



—

$$\frac{0 \text{ М}}{\text{М}}$$

Длина кабеля определяются исходя из глубины подвеса  
плюс 100 метров:



**L**

**L**

**B<sub>1</sub>**

# Подбор кабеля

Всем требованиям соответствует и оптимально подходит кабель КПБ 3х6 со следующими характеристиками:

Максимальные наружные размеры – 25мм.

Номинальная строительная длина – 850-1950м.

Расчётная масса – 750кг.

Рабочее напряжение – 2500В.

# Выбор трансформатора

Необходимая мощность трансформатора:

\_\_\_\_\_

**B1**

# Выбор трансформатора

Для определения величины напряжения во вторичной обмотке трансформатора найдем величину падения напряжения в кабеле:

Активное удельное сопротивление в кабеле

$$\frac{\text{Ом}}{\text{м}} \quad \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$$

$\sqrt{\quad}$

E

# Выбор трансформатора

Напряжение на вторичной обмотке трансформатора должно быть равно сумме рабочего напряжения электродвигателя и величины потерь напряжения в кабеле.

**E**

# Выбор насосно-компрессорных труб

Расчёт насосно-компрессорных труб происходит исходя из требуемой подачи и скорости потока флюида в трубах.



# Выбор НКТ

Первостепенно определяется необходимая площадь внутреннего канала НКТ и внутренний диаметр:

$$\sqrt{\frac{Q}{v}} \quad \text{м}^2$$
$$\sqrt{\frac{Q}{v}} \quad \text{м}$$

Примем ближайшее значение  $D_{\text{нкТ}} = 26.7 \text{ мм}$

# Выбор НКТ

Корректируем среднюю скорость потока в трубах при  
внутреннем диаметре НКТ : м:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

$\frac{M}{C}$   
 $M^2$

# Выбор НКТ

По полученным данным выбираем трубы с высаженными наружу концами с треугольной резьбой:

Условный диаметр – 27

Наружный диаметр  $D$ , мм - 26,7

Толщина стенки  $\delta$ , мм – 3

Наружный диаметр муфты  $D_m$ , мм - 42,2

Масса, кг/м - 1,86

Высота резьбы  $h$ , мм - 1,412

Длина резьбы с полным профилем  $L$ , мм - 16,3

Наружный диаметр высаженной части  $D_v$ , мм - 33,4